

وزاره التربيــــة و التعليـــم
الإدارة المركزية لتطوير المناهج
ادارة تنميـــة مــادة العلـــوم

الكيمياء

التحليل الكيميائى

الصف الثالث ثانوى

2023 / 2024

الباب الثانى

لجنة الإعداد

ا/سامح وليم صادق يوسف

ا/ إيمان بالله ابراهيم محمد

ا/ مينا عطية عبد الملك

المراجع

ا/ عبد الله عبد الواحد عباس

الإشراف الفنى

مستشار العلوم

د/ عزيزة رجب خليفة

رئيس الإدارة المركزية لتطوير المناهج

د/ أكرم حسن

الباب الثانى

التحليل الكيميائى



الدرس الأول: التحليل الوصفى (الكشف عن الأنيونات)

الدرس الثانى: الكشف عن الكاتيونات

الدرس الثالث: التحليل الكمى (الحجمى- الكتلى)

ملخص التحليل الوصفى وأهم القوانين

أسئلة امتحانات الأعوام السابقة



يعتبر التحليل الكيميائي أحد فروع علم الكيمياء الهامة الذي ساهم بدور كبير في تقدم هذا العلم. كما لعب دور كبير في تطور المجالات العلمية المختلفة مثل الطب والزراعة والصناعات الغذائية والبيئة وغيرها.

- **في مجال الطب:** يعتمد تشخيص الأمراض على التحليل الكيميائى مثل تقدير نسبة السكر والزلال والبولينا والكوليسترول وغيرها حيث تسهل مهمة الطبيب في التشخيص والعلاج. وكذلك تقدير كمية المواد الفعالة في الدواء.
- **في مجال الزراعة:** تحسين خواص التربة وبالتالى المحاصيل عن طريق التحاليل الكيميائية التي تجرى على التربة لمعرفة خواصها من حيث الحموضة والقاعدية، ونوع ونسب العناصر الموجودة بها وبالتالى يمكن معالجتها بإضافة الأسمدة المناسبة.
- **في مجال الصناعة:** التحليل الكيميائى للخامات والمنتجات لتحديد مدى مطابقتها للمواصفات القياسية.
- **في مجال خدمة البيئة:** معرفة وقياس ما يحتويه الماء والغذاء من الملوثات البيئية الضارة، وكذلك نسب غازات أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين في الجو.

أنواع التحليل الكيميائى

1- التحليل الوصفي (الكيفي)

التعرف على مكونات المادة سواء كانت:

1- نقية (ملحًا بسيطًا) :
التعرف عليها من الثوابت الفيزيائية " درجة الانصهار – الغليان – الكتلة المولية "

2- مخلوطًا من عدة مواد:
يتم فصل كل مكون ثم يتم الكشف عنها بالطرق الكيميائية باستخدام الكواشف المناسبة

2- التحليل الكمى

تقدير نسبة كل مكون من المكونات الأساسية للمادة

1- تحليل حجمى.
2- تحليل كتلى.

ولابد من إجراء عمليات التحليل الكيفي أولاً للتعرف على مكونات المادة حتى يمكن اختيار أنسب الطرق لتحليلها كميًا.

الدرس الأول: التحليل الكيميائى الوصفي (الكيفي أو النوعى):

التحليل الكيميائى الوصفي يضم فرعين:

أ - تحليل المركبات العضوية:

يتم فيها الكشف عن العناصر والمجموعات الوظيفية الموجودة بغرض التعرف على المركب.

ب- تحليل المركبات غير العضوية:

يتم فيها التعرف على الأيونات التي يتكون منها المركب غير العضوي ويشمل الكشف عن الأنيونات " الشق الحامضي " والكاتيونات " الشق القاعدي ".

وسنكتفي في دراسة التحليل الوصفي بالكشف عن الأنيونات والكاتيونات في المركبات غير العضوية.

الكشف عن الأنيونات " الشق الحامضى ":

أساس الكشف:

ملح حمض أقل ثباتًا + حمض أكثر ثباتًا ⟵ ملح حمض أكثر ثباتًا + حمض أقل ثباتًا

ينحل ويتصاعد غاز يمكن تمييزه

الجدول التالى يوضح تقسيم الأحماض حسب درجة ثباتها (درجة غليانها) وأملاحها

	الحمض	صيغته	الأنيون (الشق الحمضى في الملح)	صيغته
أحماض غير ثابتة	حمض الكربونيك	H_2CO_3	كربونات بيكربونات	CO_3^{2-} HCO_3^-
	حمض الهيدروكبريتيك	H_2S	كبريتيد	S^{2-}
	حمض الكبريتوز	H_2SO_3	كبريتيت	SO_3^{2-}
	حمض الثيوكبريتيك	$H_2S_2O_3$	الثيوكبريتات	$S_2O_3^{2-}$
	حمض النيتروز	HNO_2	النيتريت	NO_2^-
أحماض متوسطة الثبات	حمض الهيدروكلوريك	HCl	كلوريد	Cl^-
	حمض الهيدروبروميك	HBr	بروميد	Br^-
	حمض الهيدرويوديك	HI	يوديد	I^-
	حمض النيتريك	HNO_3	نيترات	NO_3^-
أحماض ثابتة	حمض الكبريتيك	H_2SO_4	كبريتات	SO_4^{2-}
	حمض الأرثوفوسفوريك	H_3PO_4	فوسفات	PO_4^{3-}

الكشف عن أنيونات مجموعة حمض الهيدروكلوريك المخفف

التجربة الأساسية	الملح الصلب + حمض الهيدروكلوريك المخفف (dil. HCl)	
الأنيون	**الكشف عنه والتجارب التأكيدية**	**المعادلات**
الكربونات CO_3^{2-}	**المشاهدة:** يحدث فوران ويتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون الذي يعكر ماء الجير.	$Na_2CO_{3(s)}+2HCl_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)}+H_2O_{(l)}+CO_{2(g)}$ $CO_{2(g)}+Ca(OH)_{2(aq)} \xrightarrow[\text{قصيرة}]{\text{لمدة}} CaCO_{3(s)}\downarrow +H_2O_{(l)}$
	التجربة التأكيدية بإضافة $MgSO_4$ يتكون راسب أبيض على البارد يذوب في حمض الهيدروكلوريك	$Na_2CO_{3(aq)}+MgSO_{4(aq)}\rightarrow Na_2SO_{4(aq)}+MgCO_{3(s)}\downarrow$ $MgCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$
✲ **ملاحظات:** جميع كربونات الفلزات لا تذوب في الماء، عدا كربونات الصوديوم والبوتاسيوم والأمونيوم، وتذوب جميعها في الأحماض. **في حين تذوب جميع أملاح البيكربونات في الماء والأحماض** ✲ **"علل" يمرر الغاز لفترة قصيرة.** حتى لا يتحول كربونات الكالسيوم إلى بيكربونات كالسيوم تذوب ويختفي التعكير (الراسب).		
البيكربونات HCO_3^-	**المشاهدة:** يحدث فوران ويتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون الذي يعكر ماء الجير.	$NaHCO_{3(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$
	التجربة التأكيدية بإضافة $MgSO_4$ يتكون راسب أبيض بعد التسخين.	$2NaHCO_{3(aq)}+MgSO_{4(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} +Mg(HCO_3)_{2(aq)}$ $Mg(HCO_3)_{2(aq)} \xrightarrow{\Delta} MgCO_{3(s)}\downarrow + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

الكبريتيت SO_3^{2-}	**المشاهدة:** يتصاعد غاز SO_2 ذو الرائحة النفاذة الذي يخضر ورقة مبللة بمحلول $K_2Cr_2O_7$ البرتقالية المحمضة بحمض الكبريتيك المركز.	$Na_2SO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + SO_{2(g)}$ $K_2Cr_2O_{7(s)} + 3SO_{2(s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow K_2SO_{4(aq)} + Cr_2(SO_4)_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$
	التجربة التأكيدية بإضافة محلول ملح $AgNO_3$ يتكون راسب أبيض من كبريتيت الفضة يسود بالتسخين.	$Na_2SO_{3(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ag_2SO_{3(s)}\downarrow$
الكبريتيد S^{2-}	**المشاهدة:** يتصاعد غاز H_2S ذو رائحة كريهة يسود ورقة مبللة بأسيتات الرصاص II	$Na_2S_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2S_{(s)}$ $(CH_3COO)_2Pb_{(aq)} + H_2S_{(g)} \rightarrow 2CH_3COOH_{(aq)} + PbS_{(s)}\downarrow$
	التجربة التأكيدية بإضافة محلول نيترات الفضة لمحلول الملح يتكون راسب أسود من كبريتيد الفضة	$Na_2S_{(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ag_2S_{(s)}\downarrow$
الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$	**المشاهدة:** يتصاعد غاز SO_2 ويظهر راسب أصفر نتيجة لتعلق الكبريت في المحلول.	$Na_2S_2O_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + S_{(s)}\downarrow$
	التجربة التأكيدية بإضافة محلول I_2 البنى يزول لون اليود البنى	$2Na_2S_2O_{3(aq)} + I_{2(aq)} \rightarrow Na_2S_4O_{6(aq)} + 2NaI_{(aq)}$ رباعى ثيونات الصوديوم
نيتريت NO_2^-	**المشاهدة:** يتصاعد غاز **NO** عديم اللون يتحول عند فوهة الأنبوبة إلى اللون البنى المحمر	$NaNO_{2(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + HNO_{2(aq)}$ $3HNO_{2(aq)} \rightarrow HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} + 2NO_{(g)}$ $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$
	التجربة التأكيدية بإضافة محلول $KMnO_4$ المحمضة بحمض الكبريتيك المركز يزول اللون البنفسجي.	$5NaNO_{2(aq)} + 2KMnO_{4(aq)} + 3H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 5NaNO_{3(aq)} + K_2SO_{4(aq)} + 2MnSO_{4(aq)} + 3H_2O_{(l)}$

الكشف عن أنيونات مجموعة حمض الكبريتيك المركز

التجربة الأساسية	الملح الصلب + حمض الكبريتيك المركز (Conc. H_2SO_4)	
الأنيون	**الكشف عنه والتجارب التأكيدية**	**المعادلات**
الكلوريد Cl^-	**المشاهدة:** يتصاعد غاز HCl عديم اللون ويكون سحب بيضاء مع محلول النشادر.	$2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{\text{مركز}} Na_2SO_{4(aq)} + 2HCl_{(g)}$ $HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$
	التجربة التأكيدية محلول الملح + محلول $AgNO_3$ يتكون راسب **أبيض** من كلوريد الفضة يتحول إلى بنفسجي عند تعرضه للضوء و**يذوب** في محلول النشادر المركز.	$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}\downarrow$
البروميد Br^-	**المشاهدة:** يتصاعد غاز HBr عديم اللون يتأكسد جزئيًا بفعل حمض الكبريتيك وتنفصل أبخرة **برتقالية حمراء** من البروم **تصفر ورقة مبللة بمحلول النشا**.	$2NaBr_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{\text{مركز}} Na_2SO_{4(aq)} + 2HBr_{(g)}$ $2HBr_{(g)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{\text{مركز}} 2H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + Br_{2(v)}\uparrow$
	التجربة التأكيدية محلول الملح + محلول $AgNO_3$ يتكون راسب **أبيض مصفر** من AgBr يصبح داكن عند تعرضه للضوء **يذوب ببطء** في محلول النشادر المركز.	$NaBr_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgBr_{(s)}\downarrow$

اليوديد I^-	**المشاهدة:** يتصاعد غاز HI عديم اللون يتأكسد جزئيًا وتنفصل أبخرة **اليود البنفسجية** وتسبب **زرقة ورقة مبللة بمحلول النشا**.	$2KI_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow[\Delta]{\text{مركز}} K_2SO_{4(aq)} + 2HI_{(g)}$ $2HI_{(g)} + H_2SO_{4(l)} \xrightarrow{\text{مركز}} 2H_2O_{(l)} + SO_{2(g)} + I_{2(v)}\uparrow$
	التجربة التأكيدية: محلول الملح + محلول $AgNO_3$ يتكون راسب **أصفر** من AgI **لا يذوب** في محلول النشادر	$NaI_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgI_{(s)}\downarrow$
نيترات NO_3^-	**المشاهدة:** تتصاعد أبخرة بنية حمراء من NO_2 تزداد بوضع خراطة Cu	$2NaNO_{3(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow[\Delta]{\text{مركز}} Na_2SO_{4(aq)} + 2HNO_{3(l)}$ $4HNO_{3(l)} \xrightarrow{\Delta} 2H_2O_{(l)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$ $Cu_{(s)} + 4HNO_{3(l)} \xrightarrow[\Delta]{\text{مركز}} Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)} + 2NO_{2(g)}$
	التجربة التأكيدية" اختبار الحلقة البنية محلول النترات + محلول كبريتات حديد II + حمض كبريتك مركز على السطح الداخلي للأنبوبة تتكون حلقة بنية تزول بالرج أو التسخين.	$2NaNO_{3(aq)} + 6FeSO_{4(aq)} + 4H_2SO_{4(l)} \longrightarrow 3Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} + 4H_2O_{(l)} + 2NO_{(g)}$ $FeSO_{4(aq)} + NO_{(g)} \longrightarrow FeSO_4.NO_{(s)}$

الكشف عن مجموعة أنيونات محلول كلوريد الباريوم

التجربة الأساسية	محلول الملح + محلول كلوريد الباريوم	
الأنيون	**الكشف عنه والتجارب التأكيدية**	**المعادلات**
الفوسفات PO_4^{3-}	**المشاهدة:** يتكون راسب أبيض من فوسفات الباريوم يذوب في حمض HCl المخفف.	$2Na_3PO_{4(aq)} + 3BaCl_{2(aq)} \longrightarrow 6NaCl_{(aq)} + Ba_3(PO_4)_{2(s)}\downarrow$
	التجربة التأكيدية: إضافة محلول الملح + نترات الفضة يتكون راسب أصفر يذوب في النشادر وحمض النيتريك.	$Na_3PO_{4(aq)} + 3AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 3NaNO_{3(aq)} + Ag_3PO_{4(s)}\downarrow$
كبريتات SO_4^{2-}	**المشاهدة:** يتكون راسب أبيض لا يذوب في حمض HCl المخفف	$Na_2SO_{4(aq)} + BaCl_{2(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + BaSO_{4(s)}\downarrow$
	التجربة التأكيدية: إضافة محلول الملح + اسيتات رصاص II يتكون راسب أبيض	$Na_2SO_{4(aq)} + (CH_3COO)_2Pb_{(aq)} \longrightarrow 2CH_3COONa_{(aq)} + PbSO_{4(s)}\downarrow$



الدرس الثانى: (الكشف عن الكاتيونات):

الكشف عن الشقوق القاعدية أكثر تعقيدًا من الكشف عن الشقوق الحمضية للأسباب الآتية:

1- عدد الشقوق القاعدية أكثر من عدد الشقوق الحامضية.

2- الشقوق القاعدية متداخلة.

3- الشق القاعدى الواحد له أكثر من حالة تأكسد.

تم تقسيم الشقوق القاعدية إلى ست مجموعات لكل مجموعة كاشف عام لها وهي:

المجموعة التحليلية

المجموعة	الكاشف	السبب
الأولى	HCl	لأن كلوريدات هذه العناصر لا تذوب في الماء فتترسب
الثانية	H_2S وسط حمضي	لأن كبريتيدات هذه العناصر لا تذوب في الماء فتترسب
الثالثة	NH_4OH	لأن هيدروكسيدات هذه العناصر لا تذوب في الماء فتترسب
الرابعة	لا تدرس	
الخامسة	$(NH_4)_2CO_3$	لأن كربونات هذه العناصر لا تذوب في الماء فتترسب
السادسة	ليس لها كاشف عام	

يعتمد هذا التقسيم على اختلاف ذوبان أملاح أو مركبات هذه الفلزات في الماء:

فمثلاً كلوريدات فلزات المجموعة التحليلية الأولى وهى كلوريدات الفضة (I)، والزئبق (I)، والرصاص (II) شحيحة الذوبان في الماء. لذا ترسب هذه الفلزات على هيئة كلوريدات بإضافة كاشف المجموعة وهو حمض الهيدروكلوريك المخفف.

المجموعة التحليلية الثانية:

يتم بإذابة الملح في الماء وإضافة حمض هيدروكلوريك مخفف ليصير المحلول حامضيًا ثم يمرر فيه غاز كبريتيد الهيدروجين.

الكشف عن كاتيون Cu^{2+}

محلول ملح النحاس II + كاشف المجموعة ($HCl + H_2S$) يتكون راسب **أسود** من **كبريتيد النحاس II**

يذوب في **حمض النيتريك الساخن.**

$$CuSO_{4(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(aq)} + CuS_{(s)} \downarrow$$

المجموعة التحليلية الثالثة:

تترسب كاتيوناتها على هيئة هيدروكسيدات ويستخدم NH_4OH ككاشف عندما تكون نقية

محلول الملح + كاشف المجموعة NH_4OH

الكاتيون	الكشف عنه والتجارب التأكيدية	المعادلات
الألومنيوم Al^{3+}	**المشاهدة:** يتكون راسب أبيض جيلاتينى يذوب في الأحماض المخففة	$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NH_4OH_{(aq)} \rightarrow 3(NH_4)_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}\downarrow$
	التجربة التأكيدية محلول الملح + محلول NaOH يتكون راسب أبيض جيلاتينى يذوب في مزيد من NaOH مكونـًا ميتا ألومينات صوديوم	$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 6NaOH_{(aq)} \rightarrow 3Na_2SO_{4(aq)} + 2Al(OH)_{3(s)}\downarrow$ $Al(OH)_{3(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaAlO_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$
الحديد Fe^{2+}	**المشاهدة:** يتكون راسب أبيض يتحول إلى أبيض مخضر في الهواء ويذوب في الأحماض	$FeSO_{4(aq)} + 2NH_4OH_{(aq)} \rightarrow (NH_4)_2SO_{4(aq)} + Fe(OH)_{2(s)}\downarrow$
	التجربة التأكيدية يتكون راسب أبيض مخضر من $Fe(OH)_2$	$FeSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Fe(OH)_{2(s)}\downarrow$

الحديد Fe^{3+}	**المشاهدة:** يتكون راسب جيلاتينى بنى محمر يذوب في الأحماض	$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \rightarrow 3NH_4Cl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}\downarrow$
	التجربة التأكيدية يتكون راسب بنى محمر من $Fe(OH)_3$	$FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \rightarrow 3NaCl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}\downarrow$

المجموعة التحليلية الخامسة:

يتم ترسيبها على هيئة كربونات بإضافة محلول كاشف المجموعة وهو كربونات الأمونيوم، ومن أمثلتها كاتيون الكالسيوم (Ca^{2+})

محلول الملح + محلول كربونات الأمونيوم $(NH_4)_2CO_3$

يتكون راسب أبيض يذوب في حمض HCl المخفف ويذوب في الماء المحتوى على ثاني أكسيد الكربون. علل

لتحول كربونات الكالسيوم غير الذائبة إلى بيكربونات كالسيوم تذوب في الماء

$$CaCl_{2(aq)} + (NH_4)_2CO_{3(aq)} \rightarrow 2NH_4Cl_{(aq)} + CaCO_{3(s)} \downarrow$$

$$CaCO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \rightarrow Ca(HCO_3)_{2(aq)}$$

التجربة التأكيدية: محلول الملح + حمض الكبريتيك المخفف راسب أبيض من كبريتات كالسيوم.

$$CaCl_{2(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2HCl_{(aq)} + CaSO_{4(s)} \downarrow$$

الكشف الجاف: يلون Ca^{2+} لهب بنزن باللون الأحمر الطوبى.

تدريبات على الكاتيونات

1- يمكن فصل أيون الكلوريد في صورة:

أ- $HgCl_2$ ب- Hg_2Cl_2 ج- $FeCl_2$ د- $BaCl_2$

2- عند إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين في وسط حمضي إلى محلول الملح الناتج من تفاعل النحاس مع حمض النيتريك المركز يتكون راسب:

أ- أبيض. ب- أسود. ج- بني محمر. د- أزرق.

3- أثناء تجربة للكشف عن كاتيون أحد الأملاح تم إضافة قليلاً من NaOH فتكون راسب، وبإضافة المزيد من NaOH يتكون:

أ- $NaAlO_{2(aq)}$ ب- $BaSO_{4(s)}$ ج- $NaNO_{3(aq)}$ د- $Al(OH)_{3(s)}$

4- يتفاعل محلول هيدروكسيد الصوديوم مع ناتج أكسدة الحديد الساخن بواسطة الكلور ويتكون:

أ- لون بني محمر. ب- راسب بني محمر.

ج- لون أبيض مخضر. د- راسب أبيض مخضر.



مراجعة المفاهيم والقوانين التي سبق دراستها:

- **المول:** هو كمية المادة التي تحتوى على عدد أفوجادرو من الجسيمات (جزيئات أو ذرات أو أيونات أو وحدات صيغة أو إلكترونات).

$$Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al$$

يلزم 3 مول من الإلكترونات لاختزال 1 مول من أيونات Al^{3+} لتكوين 1 مول من ذرات Al.

- **الكتلة المولية (g/mol):** مجموع الكتل الذرية للعناصر الداخلة في تركيب الجزئ أو وحدة الصيغة مقدرة بوحدة الجرام.

- **عدد المولات (mol)** = $\frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{الكتلة المولية (g /mol)}}$

- **عـــدد الجـزيـئـات (أو الذرات أو الأيونات)** = عـدد مـولات الجـزيئات (أو الذرات أو الأيونات) × عدد أفوجادرو 6.02×10^{23}

- **حجم الغاز (L)** = عدد مولات الغاز (mol) × 22.4 (mol/L) (STP)

- **كثافة الغاز (g / L)** = $\frac{\text{الكتلة المولية (g /mol)}}{\text{22.4 (L /mol)}}$ (STP)

- **التركيز المولارى (M)** = $\frac{\text{عدد المولات (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$

- **النسبة المئوية الكتلية لعنصر فى مركب (g / g %)** = $\frac{\text{كتلة العنصر في مول من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$

- **النسبة المئوية الكتلية لمركب فى عينة غير نقية** = $\frac{\text{كتلة المركب في العينة}}{\text{كتلة العينة غير النقية}} \times 100$

لاحظ أن:

قانون التخفيف = $(M.V)_{\text{قبل التخفيف}} = (M.V)_{\text{بعد التخفيف}}$

لحساب حجم الماء اللازم لعملية التخفيف =

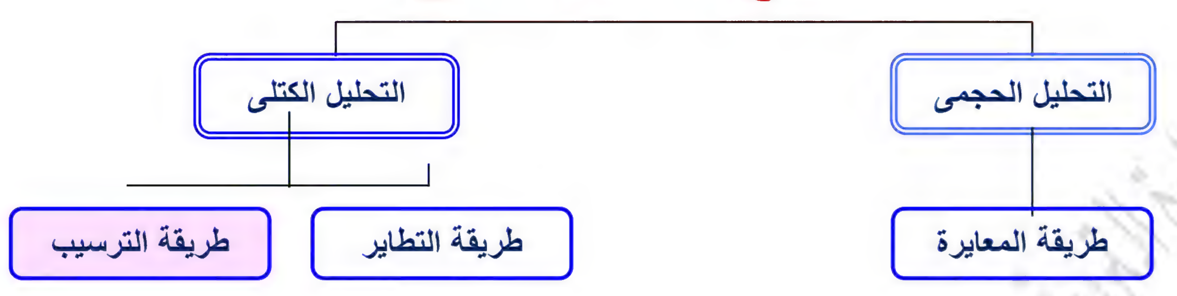
حجم المحلول المخفف (بعد التخفيف) – حجم المحلول المركز (قبل التخفيف)

تدريب



الدرس الثالث: التحليل الكمي

أنواع التحليل الكمى



أولًا: التحليل الحجمى: تعتمد هذه الطريقة على قياس حجوم المواد المراد تقديرها.

وفي هذا النوع من التحليل فإن حجمًا معلومـًا من المادة المراد تحديد تركيزها يضاف إليه محلول من مـادة معلومـة التركيـز حتـى يتم التفاعـل الكامـل بـين المـادتين. ويعـرف المحلـول **معلـوم التركيـز بـالمحلول القيـاسى**. وتعـرف عمليـة تعيين تركيـز حمـض أو (قاعـدة) بمعلوميـة الحجم الـلازم منـه للتعادل مع قاعدة أو (حمض) معلوم الحجم والتركيز بالمعايرة.

المعايرة

عملية الغرض منها تعين تركيز محلول مادة مجهولة التركيز بمعلومية محلول مادة أخرى معلومة التركيز تعرف باسم المحلول القياسي.

المحلول القياسي

هو محلول معلوم التركيز بالضبط ويستخدم لمعرفة محلول مجهول التركيز.

ولاختيار المحلول القياسى يجب معرفة التفاعل المناسب الذي يتم بين محلولى المادتين وهذه التفاعلات قد تكون:

1- تفاعلات **تعادل** وتستخدم في تقدير **الأحماض والقواعد**.

2- تفاعلات **أكسدة واختزال** وتستخدم في تقدير **المواد المؤكسدة والمختزلة**.

3- تفاعلات **الترسيب** وتستخدم في تقدير **المواد** التي يمكن أن **تعطى نواتج شحيحة الذوبان في الماء**.

فـإذا كانـت المـادة المـراد تقديرها **حامضًا** يسـتخدم فـي المعـايرة محلـول قياسـي مـن **قلـوي أو قاعـدة** (هيدروكسيد صوديوم أو كربونات صوديوم).

وإذا كانت المادة المراد تقديرها ذات **خصائص قاعدية** يستخدم محلول قياسي **معلوم التركيز من الحمض** لمعايرتها وهكذا.

نقطة نهاية التفاعل (End Point)

هي النقطة التي يتم عندها تمام تفاعل التعادل بين الحمض والقاعدة.

الأدلة

عبارة عن أحماض أو قواعد عضوية ضعيفة لها ألوان مختلفة تتوقف على الوسط التي توضع فيه.



تستخدم أدلة لتحديد نقطة نهاية التفاعل بتغير لونها بتغيير وسط التفاعل.

الدليل	اللون في الوسط الحمضي	اللون في الوسط القاعدي	اللون في الوسط المتعادل
عباد الشمس	أحمر	أزرق	أرجواني
الميثيل البرتقالي	أحمر	أصفر	برتقالي
الفينولفثالين	عديم اللون	أحمر	عديم اللون
أزرق بروموثيمول	أصفر	أزرق	أخضر فاتح



تقدير تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم مجهول التركيز بالمعايرة مع محلول قياسى معلوم التركيز من حمض الهيدروكلوريك (0.1 mol / L):

1- ينقل حجم معلوم (25 mL) من محلول القلوي إلى دورق مخروطي باستخدام ماصة.

2- يضاف إليه قطرتين من محلول دليل مناسب محلول (عباد الشمس أو أزرق بروموثيمول).

3- تملأ السحاحة بالمحلول القياسي من حمض الهيدروكلوريك.

4- يضاف محلول الحمض بالتدريج إلى محلول القلوي حتى يتغير لون الدليل مشيرًا إلى نهاية التفاعل (نقطة التعادل).

5- **تكتب المعادلة موزونة:**

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

6- **وبالتعويض في هذا القانون يتم تقدير تركيز القلوي**

$$\frac{M_a\ V_a}{n_a} = \frac{M_b\ V_b}{n_b}$$

 **حيث:**

M_a: **تركيز الحمض** المستخدم.

V_a: **حجم الحمض** المستخدم.

n_a: **عدد مولات الحمض** في معادلة التفاعل الموزونة.

M_b: **تركيز القلوي** المستخدم.

V_b: **حجم القلوي** المستخدم.

n_b: **عدد مولات القلوي** في معادلة التفاعل الموزونة.

ثانيًا: التحليل الكتلى:

الأساس العلمى: يعتمد التحليل الكتلى على فصل المكون المراد تقديره ثم تعيين كتلته وباستخدام الحساب الكيميائى يمكن حساب كميته. ويتم فصل المكون بطريقتين:

1- طريقة التطاير 2- طريقة الترسيب

أولا: طريقة التطاير

الأساس العلمى: السماح بتطاير العنصر أو المركب المراد تقديره، وتجرى عملية التقدير بطريقتين:

أ– جمع المادة المتطايرة وتعيين كتلتها أو ب– تعيين مقدار النقص فى كتلة المادة الأصلية حسابيًا

- عينة من كلوريد الباريوم المتهدرت $BaCl_2 .\ x\ H_2O$ كتلها 2.6903 g، سخنت تسخينا شديدا الى ان ثبتت كتلتها فوجدت 2.2923 g احسب النسبة المئوية لماء التبلر من الكلوريد المتهدرت. ثم أوجد عدد جزيئات ماء التبلر وصيغته الجزيئية.

كتلة المادة المتبلرة (قبل التسخين) = 2.6903 g

كتلة الماده غير المتبلرة (بعد التسخين) = 2.2923 g

كتلة ماء التبلر = كتلة المادة المتبلرة – كتلة المادة غير المتبلرة = 2.6903– 2.2923 = 0.398 g

لحساب النسبة المئوية لماء التبلر = (كتلة ماء التبلر/ كتلة العينة المتبلرة) x 100

= (0.398 / 2.6903) x 100 = 14.79 %

<u>لإيجاد عدد جزيئات الماء (الصيغة الجزيئية للمركب أو قيمة X)</u>

كتلة $X\ H_2O$	كتلة مول من المادة غير المتهدرتة ($BaCl_2$)
كتلة ماء التبلر	كتلة المادة غير المتبلره فى المسألة (بعد التسخين)
18 x	208 g/mol
0.398 g	2.2923 g

X (عدد جزيئات ماء التبلر) = $\frac{208 \times 0.398}{2.2923 \times 18} = 2$

... الصيغة الجزيئية لكلوريد الباريوم المتهدرت هى $BaCl_2 .2H_2O$

ثانيًا: طريقة الترسيب

الأساس العلمى: تعتمد هذه الطريقة على ترسيب العنصر أو المكون المراد تقديره على هيئة مركب نقى شحيح الذوبان وذو تركيب كيميائى ثابت ومعروف.

- يفصل هذا المركب عن المحلول بالترشيح على ورق ترشيح عديم الرماد

(نوع من ورق الترشيح يحترق احتراقا كاملا ولا يترك أى رماد)

- ينقل ورق الترشيح وما عليه من الراسب الى بوتقة الاحتراق وتحرق تماما حتى يتطاير مكونات ورق الترشيح ويتبقى الراسب. ويمكن تعيين كتلة العنصر او المركب من خلال كتلة الراسب حسابيًا.

<u>تدريبات على التحليل الكمى</u>

ملخص التحليل الوصفي:

أولاً الكشف عن أنيونات المجموعة الأولى: التجربة الأساسية: الملح الصلب + HCl مخفف

الكربونات CO_3^{2-}	يحدث فوران ويتصاعد غاز يعكر ماء الجير عند مروره لفترة قصيرة $Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)}$ $2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$	CO_2
البيكربونات HCO_3^-	يحدث فوران ويتصاعد غاز يعكر ماء الجير عند مروره لفترة قصيرة	CO_2
الكبريتيد S^{2-}	يتصاعد غاز له رائحة كريهة ويسود ورقة مبللة بمحلول أسيتات الرصاص II	H_2S
الكبريتيت SO_3^{2-}	يتصاعد غاز له رائحة نفاذة ويخضر ورقة مبللة بمحلول ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك	SO_2
الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$	يتصاعد غاز له رائحة نفاذة ويخضر ورقة مبللة بمحلول ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك مع تكون معلق أصفر من الكبريت S	SO_2
النيتريت NO_2^-	يتصاعد غاز عديم اللون يتحول إلى بني محمر من NO_2 عند فوهة الأنبوبة (ملامسته للهواء)	NO

ثانياً الكشف عن أنيونات المجموعة الثانية:

التجربة الأساسية: الملح الصلب + H_2SO_4 مركز مع التسخين الهين إذا لزم الأمر

الكلوريد Cl^-	يتصاعد غاز HCl له رائحة نفاذة ويكون سحب بيضاء مع ساق مبللة بالنشادر	HCl
البروميد Br^-	يتصاعد غاز HBr الذي يتأكسد جزئيا بفعل حمض الكبريتيك وتتصاعد أبخرة البروم البرتقالية الحمراء التي تصفر ورقة نشا	Br_2
اليوديد I^-	يتصاعد غاز HI الذي يتأكسد جزئيا بفعل حمض الكبريتيك وتتصاعد أبخرة اليود البنفسجية التي تزرق ورقة نشا	I_2
النترات NO_3^-	تتصاعد أبخرة بنية حمراء تزداد كميتها بإضافة خراطة نحاس	NO_2

ثالثاً الكشف عن أنيونات المجموعة الثالثة: التجربة الأساسية: محلول الملح + محلول $BaCl_2$

الكبريتات SO_4^{2-}	يتكون راسب أبيض لا يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف	$BaSO_4$
الفوسفات PO_4^{3-}	يتكون راسب أبيض يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف	$Ba_3(PO_4)_2$

التجارب التأكيدية:

الكاشف	الأنيون	المشاهدة	الراسب
محلول الملح + محلول نترات الفضة	الكبريتيد (1) S^{2-}	يتكون راسب أسود من كبريتيد الفضة	Ag_2S
	الكبريتيت (1) SO_3^{2-}	يتكون راسب أبيض يسود بالتسخين من كبريتيت الفضة	Ag_2SO_3
	الكلوريد (2) Cl^-	يتكون راسب أبيض يتحول إلى بنفسجي في الضوء ويذوب في محلول النشادر المركز	$AgCl$
	البروميد (2) Br^-	يتكون راسب أبيض مصفر يقتم لونه في الضوء ويذوب ببطء في محلول النشادر المركز	$AgBr$
	اليوديد (2) I^-	يتكون راسب أصفر لا يذوب في محلول النشادر المركز	AgI
	الفوسفات (3) PO_4^{3-}	يتكون راسب أصفر يذوب في محلول النشادر وحمض النيتريك	Ag_3PO_4

الكاشف	الأنيون	المشاهدة	الناتج
محلول الملح + محلول كبريتات ماغنسيوم	الكربونات (1) CO_3^{2-}	يتكون راسب أبيض على البارد يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف	$CaCO_3$
	البيكربونات (1) HCO_3^-	يتكون راسب أبيض بعد التسخين يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف	$Ca(HCO_3)_2$ $CaCO_3$
محلول الملح + محلول اليود البني	الثيوكبريتات (1) $S_2O_3^{2-}$	يزول اللون البني	NaI + $Na_2S_4O_6$ رباعي ثيونات الصوديوم
محلول الملح + محلول برمنجنات بوتاسيوم محمضة	النيتريت (1) NO_2^-	يزول اللون البنفسجي للبرمنجنات	$NaNO_3$ + K_2SO_4 + $MnSO_4$
تجربة الحلقة البنية	النترات (2) NO_3^-	تتكون حلقة بنية تزول بالرج أو التسخين	$FeSO_4 .NO$
محلول الملح + محلول أسيتات الرصاص II	الكبريتات (3) SO_4^{2-}	يتكون راسب أبيض لا يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف	$PbSO_4$

الكشف عن الكاتيونات "الشقوق القاعدية"

المجموعة التحليلية الثانية

محلول الملح + HCl حتى يصبح الوسط حمضي ثم نمرر غاز H_2S

المشاهدة: يتكون راسب أسود من CuS يذوب في حمض النيتريك الساخن

$$CuSO_{4(aq)} + H_2S_{(g)} \rightarrow H_2SO_{4(aq)} + CuS_{(s)}$$

المجموعة التحليلية الثالثة

التجربة	Al^{3+}
الأساسية محلول الملح + محلول NH_4OH	يتكون راسب أبيض جيلاتيني لا يذوب في الزيادة من الكاشف ولكن يذوب في الأحماض المخففة
التأكيدية محلول الملح + محلول NaOH	يتكون راسب أبيض جيلاتيني يذوب في الزيادة من الكاشف مكوناً ميتا ألومينات الصوديوم

التجربة	Fe^{2+}
الأساسية محلول الملح + محلول NH_4OH	يتكون راسب أبيض مخضر يذوب في الأحماض المخففة
التأكيدية محلول الملح + محلول NaOH	يتكون راسب أبيض مخضر يذوب في الأحماض المخففة

التجربة	Fe^{3+}
الأساسية محلول الملح + محلول NH_4OH	يتكون راسب بنى محمر يذوب في الأحماض المخففة
التأكيدية محلول الملح + محلول NaOH	يتكون راسب بنى محمر يذوب في الأحماض المخففة

المجموعة التحليلية الخامسة

التجربة	Ca^{2+}
الأساسية محلول الملح + محلول كربونات الأمونيوم	يتكون راسب أبيض يذوب في الأحماض المخففة وفي الماء المذاب به CO_2
التأكيدية محلول الملح + حمض كبريتيك مخفف	يتكون راسب أبيض لا يذوب في الأحماض المخففة
كشف اللهب	يلون لهب بنزن بلون أحمر طوبي

ملخص القوانين:

عدد المولات =	$\frac{\text{عدد وحدات المادة (ذرات – جزيئات – أيونات)}}{\text{عدد أفوجادرو}}$
	$\frac{\text{كتلة المادة بالجرام}}{\text{الكتلة المولية}}$
	$\frac{\text{حجم الغاز}}{22.4}$
	التركيز x الحجم باللتر

كثافة الغاز (g / L) = $\frac{\text{الكتلة المولية } (g/mol)}{22.4\ (L/mol)}$ فى (STP)

النسبة المئوية الكتلية لعنصر في مركب (g/g %) = $\frac{\text{كتلة العنصر في مول من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$

النسبة المئوية الكتلية لمركب في عينة غير نقية = $\frac{\text{كتلة المركب في العينة}}{\text{كتلة العينة غير النقية}} \times 100$

قانون المعايرة:

$$\frac{M_a V_a}{n_a} = \frac{M_b V_b}{n_b}$$